

For citation: Liu Ao. Smart telescopic clothes rack structure design // Grand Altai Research & Education — Выпуск 2 (25)'2022 (DOI: 10.25712/ASTU.2410-485X.2025.02) — EDN: <https://elibrary.ru/OODHPN>

UDK 658.512.2

SMART TELESCOPIC CLOTHES RACK STRUCTURE DESIGN

Liu Ao¹

1 Hubei Digital Textile Equipment Key Laboratory, School of Mechanical Engineering and Automation,
Wuhan Textile University, Wuhan, 430073, China
E-mail: 1476563758@qq.com

Abstract. This paper focuses on expounding the core structure of intelligent clothes dryers, and elaborates on their vertical telescopic function, horizontal transmission mechanism and rotating mechanism in detail. Combining the knowledge of mechanical design and mechanical principles, it conducts precise design and verification on the horizontal transmission mechanism, vertical telescopic function and rotating mechanism of the clothes dryer, so as to ensure the scientificity and rationality of the design. This design greatly improves the automation level of clothes drying, realizes the efficient use of space, and has better reliability and safety, providing more convenience for the daily life of citizens. The design involves multiple fields such as machinery, materials, electronics and computer science, and carries out research and preliminary development around the intellectualization of clothes dryers.

Keywords: Automatic; Retractable; Lifting Function; Rotating Mechanism

智能伸缩晾衣架结构设计

刘奥¹

1 武汉纺织大学, 湖北省数字化纺织装备重点实验室, 机械工程与自动化学院, 武汉, 430073
E-mail: 1476563758@qq.com

摘要: 以本文重点阐述了智能晾衣架的核心构造, 详细解读了垂直伸缩功能和水平传送机构, 极其旋转机构并运用机械设计和机械原理知识, 对智能晾衣架的水平传送机构, 垂直伸缩功能, 旋转机构进行了精确设计和校验, 确保设计的科学性和合理性. 本设计的智能晾衣架极大提升了晾晒自动化程度, 实现了更大空间的有效利用, 具有更优的可靠性和安全性, 为市民日常生活带来更多便利. 本设计涉及到机械, 材料, 电子, 计算机等等领域. 本设计对晾衣架进行了智能化研究, 并进行了初步的研发, 设计了晾衣架的机械结构, 智能晾衣架的结构进行分析计算; 采用单片机控制, 进行了控制电路的理论分析, 计算与设计; 通过编程实现晾衣架的智能控制; 并对电机控制, 电机驱动进行了计算, 校核.

关键词: 智能伸缩衣架; 伸缩机构; 传动机构; 旋转机构

0 引言

随着城市化进程的加快, 居住空间越来越紧凑, 传统的晾衣方式已经不能满足人们的需求. 智能伸缩衣架通过利用立体空间, 将晾衣功能与居室空间相结合, 有效地节约了室内空间, 提高了居住的舒适度. 智能伸缩衣架还具有节能环保的意义. 传统的晾衣方式往往需要依赖电能或燃气来进行加热或干燥, 而智能伸缩衣架则可以利用自然风力和太阳能等资源, 减少能源的消耗, 降低碳排放, 对于环境保护具有积极的作用.

1 结构方案设计

1.1 总体结构方案

该设计将伸缩结构与丝杆模块结合在一起，通过此伸缩模块来实现整个机构升降，通过丝杆模块来实现水平方向移动。该机构总体上通过三个主要部分组合而成：一是通过电机控制连杆铰接模块控制晾衣架升降的伸缩机构，二是通过电机控制丝杆滑块结构来实现室内外晾衣功能的传送机构，三是通过设于连杆交接模块另一头的旋转模块来实现前后排衣物调整功能的旋转机构，该装置还包括上方的固定架，可通过特定的螺钉或其他安装手段连接安置于窗户或阳台上方。其总体结构简图如下图 1 所示。

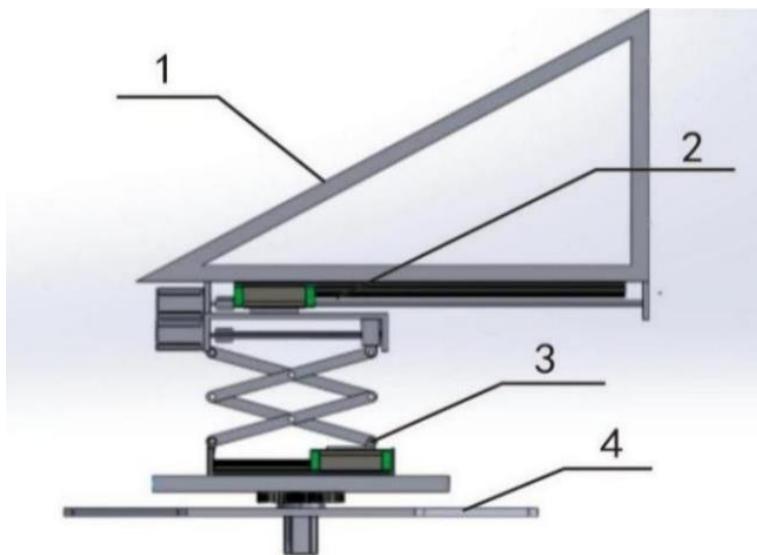


图 1 智能伸缩衣架总体结构图

1 – 墙面固定架; 2 – 平传送机构;

3 – 垂直伸缩机构; 4 – 旋转机构

Figure 1. Smart Telescopic Clothes Rack Overall Structure Diagram

1 – Wall Mounting Bracket;

2 – Horizontal Conveyor Mechanism;

3 – Vertical Telescopic Mechanism;

4 – Rotating Mechanism

1.2 机构总体尺寸的选择

该机构主要使用环境为带窗户的阳台和半开放式阳台。经过调查研究发现，在住宅建筑中，带窗户的阳台普遍高度约为 1.5 米，加上约 0.9 米的窗台高度，使得窗顶到楼面的距离达到 2.4 米，并保留了 0.4 米的结构空间。而在公共建筑中，窗户的窗台高度一般在 1.0 至 1.8 米之间变动。而半开放式阳台高度约为 2.3 米到 2.5 米，其护栏高度约为 1.2 米到 1.5 米。结合此数据，最终确定了机构的初始尺寸为长度 0.8 米，宽度 0.8 米，高度 1 米。

参数要求：载重量为 25Kg；升降高度最大范围为 0.65m；伸缩速度 0.2m/s；水平传送距离范围为 0~0.55m；移动速度 0.2m/s

2 机构的设计

2.1 总体结构方案

水平传送机构的设计主要包括伸缩连接板 (21)，驱动电机 (22)，主动滑块 (23)，丝杆 (24) 和主动导轨 (25)，其主动滑块与主动导轨和滚珠丝杆组成移动副，其工作原理是通过驱动电机的正反转从而带动主动滑块在主动导轨上来回直线移动，为了加强该机构运行的稳定性，在此特别采用虚约束的方式，虚约束好处为不影响机构的运动，而且能增加机构的刚性，改善其受力状况，因而在工程机

械中广泛得到应用. 故以丝杆为中心线, 左右对称分别设置了一组移动副来保证运动的平稳性. 如图 2 所示. 该机构的运动范围为 0cm~55cm.

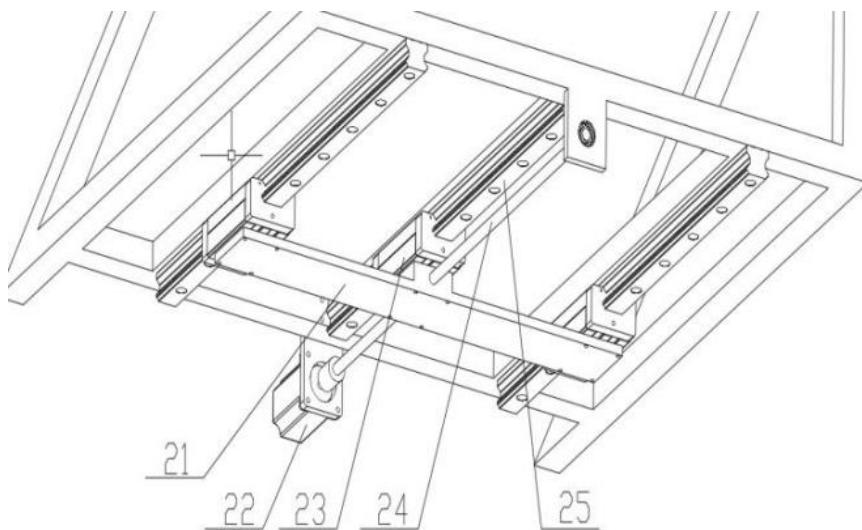
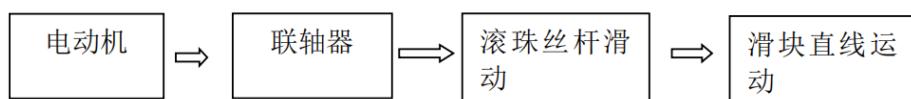


图 2 传送机构整体图
Figure 2. Conveying Mechanism Overall Diagram

该机构运动流程图:



2.2 垂直伸缩机构的设计

智能伸缩衣架的伸缩机构主要由固定部分和伸缩部分以及驱动电机部分所组成, 通过电机的控制实现晾衣杆的收缩. 支撑部分和伸缩部分通过一个菱形推动架结构联接, 能够响应电机的指令实现晾衣杆的平滑伸缩. 伸缩部分是由剪叉臂. 电机启动后, 通过控制器精确调节, 使得菱形推动架产生位移. 剪叉臂会根据菱形推动架的运动而交替展开和收缩, 与剪刀刀刃裁剪的运动类似, 这样的运动转化为整个衣架的伸缩. 这种机制不仅确保了结构的稳定性和承载力, 还能够在最小的动力损耗下完成大幅度的伸缩动作, 从而实现节能高效的目标. 其传动原理是: 驱动电机在控制模块的作用下, 通过联轴器带动丝杠转动, 丝杠上的螺母与菱形架的顶点固定, 当丝杠正转时, 螺母就向前运动, 从而推动晾衣架伸缩. 伸缩模块包括固定板固定板 (11), 丝杆 (12), 驱动电机 (13), 滑块 (14) 和连杆 (15) 如图 3 和 4 所示. 通过联轴器带动丝杠转动以控制滑块在有限导程里运动从而改变两相邻连杆之间的夹角, 从而实现伸缩运动, 该机构的伸长范围为 10cm~65cm.

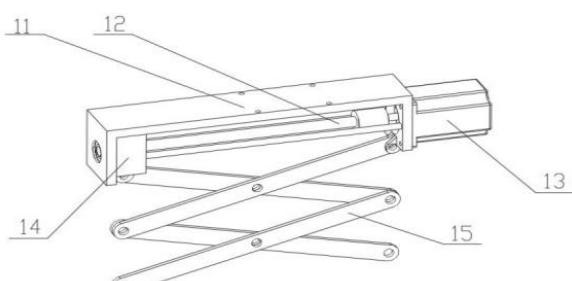


图 3 伸缩机构整体图
Figure 3. Telescopic Mechanism Overall Diagram

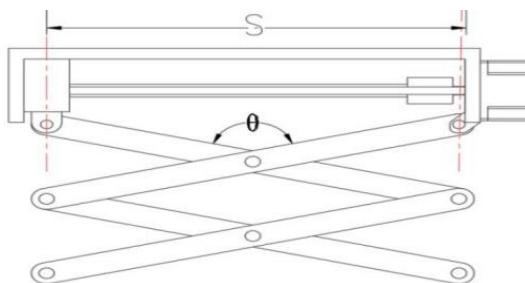
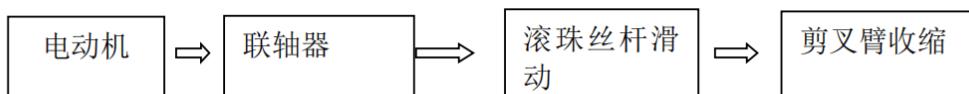


图 4 伸缩机构工作原理图
Figure 4. Telescopic Mechanism Working Principle Diagram

该机构的运行流程图如下:



2.3 旋转机构的设计

旋转机构的设计中主要包括小齿轮(31),大齿轮(32),晾衣架(33),轴承板固定板(34),轴承(35),晾衣架固定板(36)和驱动电机(37),其中晾衣架与晾衣架固定板是通过螺纹连接方式紧固于轴承内径上,轴承安装于固定板上,大齿轮紧固于固定板上,小齿轮固定在晾衣架上的电机上,这样就实现了电机驱动小齿轮围绕大齿轮进行旋转的同时,以实现将晾衣架以大齿轮齿心为中心旋转,使得靠近内侧衣物进行顺序的调换,以达到衣物充分得到晾晒的目的,如图 5 与 6 所示.

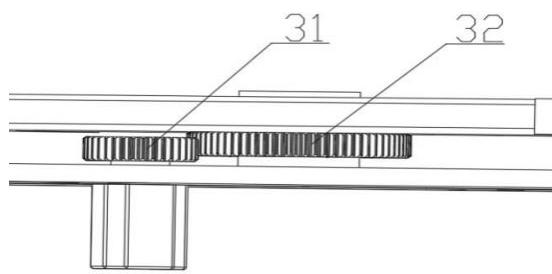


图 5 旋转模块斜视图
Figure 5. Rotation Module Oblique View

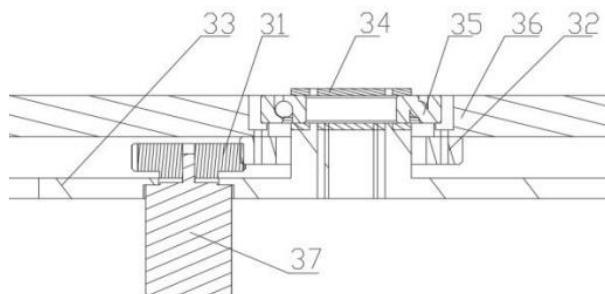


图 6 模块剖视图
Figure 6. Module Sectional View

3 控制系统的设计

3.1 硬件系统的选择

本章在完成构造设计后,专注于传感器筛选,控制模块配置以及实战环境下的应用研究. 依据现有设计思路,选定了 DT80BL160-313 型直流无刷电机. 湿度传感器选用 DHT11 进行湿度和温度的采集, DHT11 引脚借 P3^6 接口传输数据至 LCD1602 显示. 光照传感器采用光敏电阻技术,与 P1^5 相连,光线充足时,其产生高电位信号; 黑暗环境下,该引脚用于低压探测. 雨水传感器通过连接 P1^6 引脚,对降雨状态进行判断. 在特定条件下,输出低电平; 否则为高电平,并利用

P1^6 进行检测. 步进电机通过 A, B, C, D 四个引脚依次与 P2^0, P2^1, P2^2, P2^3 相连, 实现对电动机的精确控制.

3.2 步进电机及驱动电路

本方案选用 57BYG 两相步进马达及配套的 MS-2H090M 型号. 该电机受电脉冲控制, 兼具角度和直线运动功能, 广泛应用于 CNC 伺服系统. 混合步进马达技术的进步及成本的降低, 使其应用领域日益拓宽. 具体而言, SH-2H057 驱动器作为步进马达驱动力, 与之相匹配. 该驱动器配置 8 组独立, 大容量的 14A-30A 电源 (区别于普通 1A 整流型设备), 内置细分驱动芯片. 驱动电路由 CP 步进脉冲信号和 DIR 方向电平信号组成, 包括 270Ω 电流限制和光耦合装置, 如下图 7 所示.

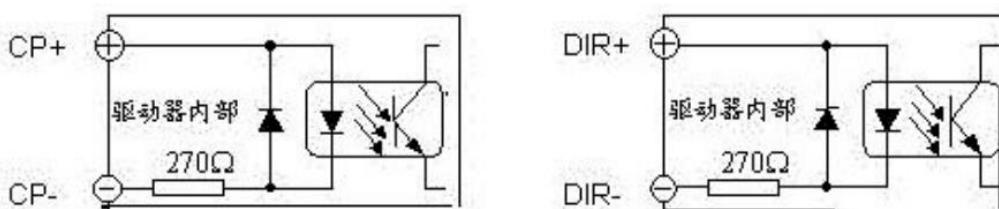


图 7 驱动器内部接线图
Figure 7. Driver Internal Wiring Diagram

采用内嵌共阳法 (即 CP+ 与 DIR+ 连接至 Vcc 负极, 通过 CP-, DIR- 进行读写) 或共阴法 (CP- 与 DIR- 连接至 GND 外部系统, 通过 CP+, DIR+ 进行读写); 两通道默认振幅皆为 5 V, 如非, 应于外侧增加一个 R 限流电阻器, 确保驱动线路中的光耦能承受 8~15mA 的驱动电压. 设备中, 马达正转时丝杠上升, 剪叉式衣架展开; 反转则反之, 如下图 8 所示.

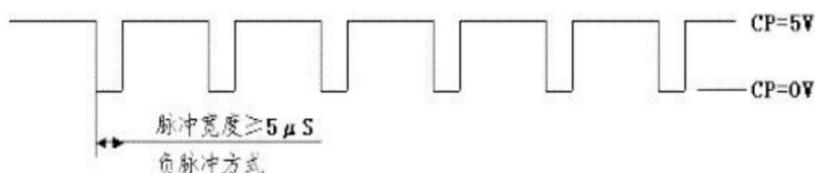


图 8 CP 的脉冲宽度及高低电平方式
Figure 8. Pulse Width and High/Low Level Mode of CP

DIR 运用方位电平实现步进马达转动调控, 当高压末端时, 马达转向将发生改变; 而低压末端, 则反之. 电机换向应在停转后进行, 且换向信号应紧随上次 CP 脉冲发出, 并在下一次 CP 脉冲前结束, 如下图 9 所示.

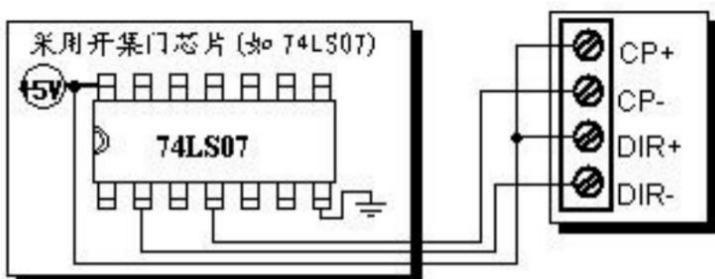


图 9 7407 驱动电路
Figure 9. Drive Circuit

单片机 I/O 分配表如下:

P0.0	LCD.DB0	P2.4	LCD.E
P0.1	LCD.DB1	P2.5	K0
P0.2	LCD.DB2	P2.6	K1
P0.3	LCD.DB3	P2.7	K2
P0.4	LCD.DB4	P3.0	DHT11、DATA
P0.5	LCD.DB5	P1.0	电机正转
P0.6	LCD.DB6	P1.1	电机反转
P0.7	LCD.DB7	P1.5	白天/黑夜
P2.0	LCD.CS1	P1.6	晴天/雨天
P2.1	LCD.CS2	P1.7	手动/自动
P2.2	LCD.RS		
P2.3	LCD.RW		

图 10 单片机 I/O 分配表
Figure 10. MCU I/O Allocation Table

单片机接线图如下图 10 所示:

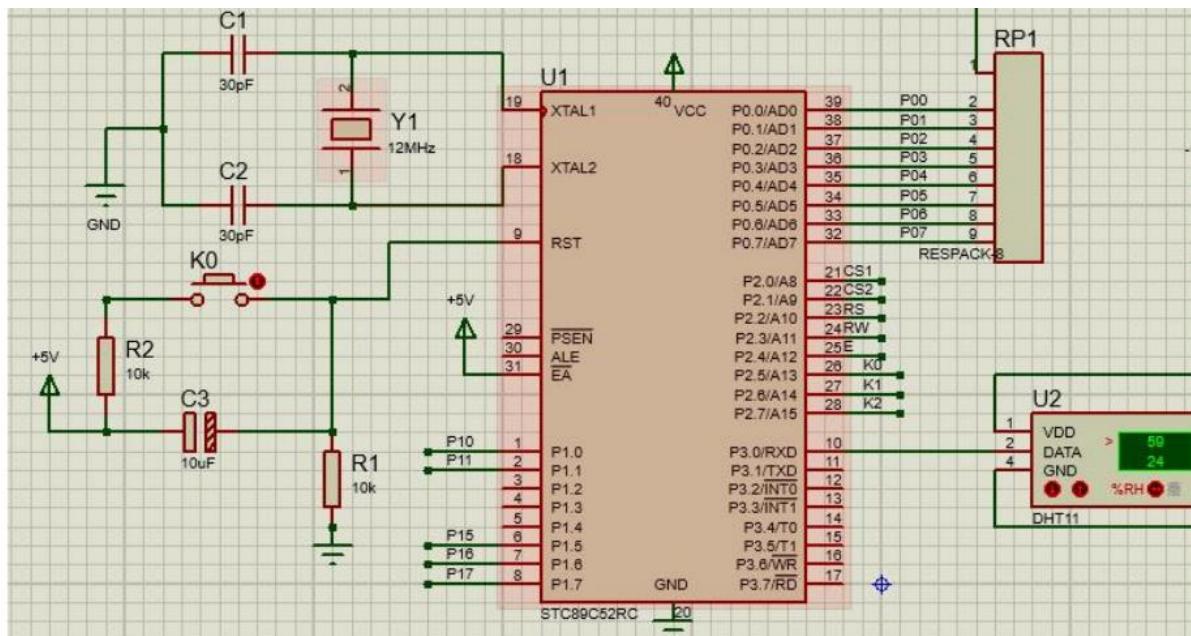


图 11 单片机接线图
Figure 11. Microcontroller Wiring Diagram

4 智能伸缩晾衣架建模

智能伸缩衣架整体模型: 如图 11 所示, 该智能伸缩晾衣架的初始高度为 1.2 米, 最大伸缩距离为 65cm, 最大水平传送距离为 55cm. 以驱动电机为动力源, 通过电机正反转来带动丝杆模块, 从而实现机构垂直伸缩和水平往复的运动, 通过大小齿轮的啮合来实现旋转机构的旋转运动.

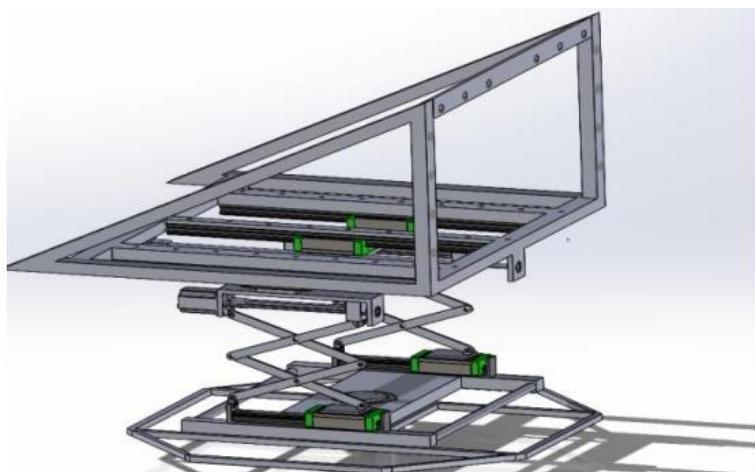


图 12 智能伸缩晾衣架整体
结构示意图

Figure 12. Smart Telescopic Clothes Rack Overall Structure Schematic Diagram

5 结束语

本文提出一款智能伸缩衣架解决方案。研究内容涵盖总体结构设计,伸缩机构,水平传动机构及旋转机构等细节,并借助 Solidworks 软件构建了各零部件和整体装配体的三维模型。设计过程中,重视滑珠丝杠计算和步进电机选型,以确保产品稳定性及长效运行。此外,对各个零件进行了精确设计和校验,保证了整体结构的可靠性和安全性。本设计的智能伸缩衣架在功能性,稳定性和操作便利性上均达到预期效果,可实现自动伸缩,节省空间,提升用户体验。产品具备节能,创新功能及防雨防晒等优点。

参考文献

- [1] 成大先. 机械设计手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [2] 钟毅芳, 吴昌林, 唐曾宝. 机械设计 [M]. 6 版. 武汉: 华中科技大学出版社, 2018.
- [3] 张玮伟. 一种智能晾衣架的设计与实现 [J]. 电子技术, 2022(005):051.
- [4] 李永湘, 朱红春, 张益艳, 等. 一种高可靠性智能晾衣架 [J]. 科技资讯, 2022, 20(18):4.
- [5] 濮良贵, 纪名刚. 机械设计 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2016.

References

- [1] Cheng Daxian. Mechanical Design Handbook [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2001.
- [2] Zhong Yifang, Wu Changlin, Tang Zengbao. Mechanical Design [M]. 6th ed. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2018.
- [3] Zhang Weiwei. Design and Implementation of an Intelligent Clothes Rack [J]. Electronic Technology, 2022(005):051.
- [4] Li Yongxiang, Zhu Hongchun, Zhang Yiyan, et al. A High-Reliability Intelligent Clothes Rack [J]. Technology Information, 2022, 20(18):4.
- [5] Pu Lianggui, Ji Minggang. Mechanical Design [M]. Beijing: Higher Education Press, 2016.